

Eixo Temático ET-02-001 - Saneamento Ambiental

TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS RESIDUÁRIAS POR MEIO DE WETLAND CONSTRUÍDO

Luiz Antonio Pimentel Cavalcanti

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA, Campus Salvador, Bahia.
E-mail: luiz.cavalcanti@ifba.edu.br.

RESUMO

As *wetlands* comportam-se como excelentes filtros naturais de águas por desempenharem um papel ecossistêmico na ciclagem de materiais e se tornam atrativas pelo baixo custo e fácil aplicação para a fitoremediação de águas residuárias domésticas (águas cinzas). As águas cinzas são caracterizadas por ser qualquer efluente doméstico desde que não seja contaminada com fezes, e sendo elas devidamente tratadas podem ser utilizadas no consumo não potável para diversos fins como irrigação de jardim, lavagem de calçadas e pátios, dessa forma é essencial que sejam aplicados métodos de tratamento para a água cinza a fim de reutilizá-la e reduzir sua presença no meio ambiente com relação a preservação da água potável. Com base nisso, o presente trabalho consistiu em dimensionar e construir um protótipo de *wetlands*, a fim de realizar o tratamento de águas cinzas visto que a mesma traz consigo uma quantidade relevante de carga orgânica. A vegetação escolhida para compor o sistema foi a baronesa *Eichhornia crassipes*, pois, além de ser a espécie flutuante mais utilizada para esse tipo de tratamento, também vem causando grandes problemas com a poluição dos rios e lagos da cidade de Paulo Afonso – BA. Para o experimento foram recolhidos 100 L de efluente para um período de 9 dias no qual foram recolhidas amostras do efluente bruto e após o tratamento objetivando realizar o comparativo das mesmas. As variáveis físicas e químicas avaliadas foram pH, turbidez, DQO, e Sólidos Dissolvidos comparadas com os parâmetros estabelecidos pela Resolução nº 430/2011 do CONAMA. O pH se aproximou ao padrão estabelecido, e houve uma atenuação significativa de turbidez (92%), DQO (95%) e Sólidos Dissolvidos (56%). Os resultados obtidos após a análise constataram a eficiência do protótipo de *wetland* construído com a utilização das baronessas como alternativa para redução de impactos causados pela água cinza.

Palavras-chave: Tratamento de água; *Wetlands* construídos; Baronessas.

INTRODUÇÃO

A água tem se tornado cada vez mais um recurso escasso, seja pelo aumento populacional, com a elevação da demanda, seja pela redução da disponibilidade, por causa da poluição e contaminação de rios e lagos. Com esse problema, consequentemente, toda a população é afetada pela elevação dos preços da água, distribuição e problemas na qualidade. Tendo em vista que o recurso hídrico disponível é limitado, tem-se procurado alternativas que preserve as reservas de água e minimize os impactos ambientais (MONTEIRO, 2015).

Diante dessa causa, o reuso da água se tornou crescente, surgindo com ele formas de realizar essa prática objetivando melhor saneamento na comunidade. Segundo Monteiro (2015), um desses meios que tem se apresentado bastante eficaz é o tratamento de efluentes residenciais. Esses que se dividem em águas negra/marrom (fezes), amarela (urina) e cinzas (lavação e banho), destaca-se a água cinza. Ela representa cerca de 50-80% do esgoto total produzido em uma residência, e se tratada, pode contabilizar uma economia de água potável de até 30% (AGUIAR, 2011).

As tecnologias adotadas para o procedimento têm características semelhantes ao tratamento de esgoto sanitário, incluindo as etapas físicas, químicas e biológicas. Dentre os biológicos, há os wetlands construídos, que consistem em sistemas artificiais dos wetlands naturais sob condições controladas de engenharia (KNUPP, 2013). São caracterizados como sistemas sustentáveis, pois a partir dos seus processos degrada a matéria orgânica nutrindo as plantas utilizadas e melhorando a qualidade do efluente (ALMEIDA et al. 2018).

A espécie *Eichhornia Crassipes*, conhecida como baronesa, é uma das macrófitas flutuantes mais usadas para o tratamento de águas residuárias e para despoluição dos rios por serem altamente eficazes no armazenamento de grandes quantidades de elementos e alta taxa de crescimento (COELHO, 2017). Posto que a cidade de Paulo Afonso tem constantemente sofrido com a presença exagerada da espécie nos rios e lagos, essa foi a vegetação escolhida para compor o protótipo de wetland, podendo-se tornar uma das formas de redução desse problema.

Dessa maneira, o presente trabalho teve como objetivo dimensionar e construir um protótipo de wetland construído de fluxo horizontal a fim de realizar o tratamento de água cinza e garantir o descarte adequado, de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Resolução nº 430/2011 do CONAMA, e conjuntamente, fornecer a cidade de Paulo Afonso uma possibilidade para o destino da grande quantidade de baronesa que tem se multiplicado nos rios e lagos do município.

OBJETIVO

Dimensionar e construir um protótipo de wetlands construídos no intuito de realizar o tratamento de águas residuárias e que garanta o seu descarte conforme os parâmetros estabelecidos pela Resolução nº 430/2011 do CONAMA.

METODOLOGIA

Dimensionamento do protótipo

O Dimensionamento do protótipo foi realizado considerando o efluente residual de águas cinzas e foi equacionado conforme apresentados nas Equações 1 a 4.

Volume do reator

$$V = a \cdot b \cdot c \quad \text{Equação 1}$$

Onde a, b e c são as dimensões de um recipiente paralelepípedo.

Tempo de detenção hidráulica

É o tempo médio (geralmente expresso em dias) em que os despejos líquidos permanecem em uma unidade ou sistema.

$$t = n \frac{V}{Q} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

t é o tempo de detenção hidráulica (dia);

n a porosidade do leito filtrante (m³ vazios/m³ material);

V o volume do leito (m³);

Q a vazão a ser tratada (m³/d).

Constante de reação cinética de primeira ordem

Pode ser obtida por equações empíricas que relacionam a constante de reação a 20 °C (K₂₀) com a equação modificada de Van't Hoff-Arrhenius:

$$K_T = K_{20} \cdot (1,06)^{T-20} \quad \text{Equação 3}$$

Onde T é a temperatura de operação

Área do Wetland construído

$$A = \frac{Q \cdot (\ln C_o - \ln C_e)}{K_T \cdot n \cdot H} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

Q é a vazão a ser tratada;

C_o a concentração afluyente em termos de DBO₅ (mg/L);

C_e é a concentração efluente em termos de DBO₅ (mg/L);

K_T a constante de reação da cinética de primeira ordem, dependente de T (d⁻¹)

H a altura da coluna d'água do reator.

Construção do protótipo

Para a construção do protótipo utilizou-se uma caixa d'água com capacidade de 100 L para armazenar o efluente bruto. Um organizador transparente de plástico com 0,2035 m² com camadas de areia e brita como leito para o tratamento do efluente e 4 recipientes de 20 L para coletar o efluente tratado de modo que a medida que fosse enchendo o recipiente fosse sendo substituído e dessa forma possibilitando o acompanhamento do tratamento, tendo em vista o tempo de retenção hidráulica já pré-determinado como mostrado nos cálculos de dimensionamento. Para as tubulações foram utilizadas uma vara de tubo PVC 20 mm x 6 m, 5 curvas de 90°, 1 flange, 1 tê, 2 tampões e 2 registros do tipo esfera, todos de material PVC com 20 mm. A Figura 1 mostra a construção da tubulação no leito de tratamento.

Figura 1: Construção do protótipo de Wetlands para tratamento de águas residuais



Figura 1: Construção do protótipo de Wetlands para tratamento de águas residuais. Fonte: Autoria Própria

Filtro de leito fixo

O filtro de leito fixo foi composto por uma camada de areia seguida de uma camada de brita que na qual foi posicionada a tubulação de distribuição do efluente bruto. Esse filtro será responsável por reter os poluentes do efluente. Logo abaixo do filtro estará posicionada a tubulação de coleta do efluente tratado.

Vegetação

As espécies de *Eichhornia crassipes* também conhecidas como baronessas foram recolhidas no Rio São Francisco na cidade de Paulo Afonso-BA. Por se tratar de uma espécie flutuante deixamos um espaço no leito para que pudesse encher com água bruta e garantir a permanência das plantas em meio flutuante.

Tratamento Águas Cinzas através de Wetlands Construídos

O efluente residual foi recolhido foi proveniente de atividades domésticas. O volume de 100 L do efluente foram utilizados para realizar o tratamento que perdurou 9 dias. Para análise foram recolhidas 2 amostras sendo elas do efluente bruto e do último dia de tratamento para que pudesse ser realizado um comparativo do efluente de antes e após o tratamento no que tange aos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 430/2011 para qualidade de despejo de águas residuárias.

Análise das Variáveis Físicas e Químicas dos Efluentes

Determinação do pH

Os valores de pH das soluções brutas e pós-tratamento das águas residuais foram medidos via pHmetro digital (Quimis, modelo: Q400AS) a 25 °C.

Determinação da turbidez

As medidas de turbidez foram realizadas via método nefelométrico (EATON et al., 2005), em turbidímetro de bancada (Turbidímetro multiprocessado DLM 2000B, Del Lab®).

Determinação de DQO

As análises de DQO foram realizadas via método colorimétrico (*Standard Methods* 5220 D) com bloco digestor do tipo TE-021 *DryBlock Digestor* (TECNAL). A DQO nas amostras foi quantificada por espectrofotometria (Spectrophotometer SP1105, Bel Photonics), tomando-se como branco um padrão água destilada (BioClass) (EATON et al., 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Protótipo de Sistema de Wetland Construído Horizontal

Para a construção do protótipo de wetlands construído se fez necessária a realização de uma revisão bibliográfica em artigos e revistas científicas com o intuito de estudar os equipamentos e componentes a serem usados no modelo. Fundamentado nesse estudo, fez-se o cálculo a partir das equações apresentadas na metodologia em que se obteve o volume do reator ($40,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$) de acordo com a Equação 1, o tempo de detenção hidráulica (3,44 dias), para uma vazão de $8,29 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dia}$, Equação 2, com temperatura média de Paulo Afonso de 35° C, tendo como área do Wetland de $0,20349 \text{ m}^2$, utilizando a Equação 3. Desse modo, por meio dos cálculos efetuados, foi possível a construção do protótipo e realização do tratamento. A Figura 2 mostra o protótipo de Wetland em funcionamento, construído com base em todas as etapas anteriormente descritas.



Figura 2. Tratamento de água residual de Águas Cinzas via Wetlands Construídos.
 Fonte: Autoria Própria

ANÁLISE DAS VARIÁVEIS

A Tabela 1 apresenta os valores das variáveis para água cinza bruta, além dos valores para água tratada no wetland construído. Nesta, destaca-se a eficiência da remoção da carga orgânica no sistema controlado com a espécie *Eichhornia crassipes* da região.

Tabela 1. Comparação de valores das variáveis medidas do efluente antes e após tratamento.

Variável	Bruto	Tratado
pH	7,49	7,25
Turbidez (UNT)	65,44	5,06
Condutividade (µS/cm)	241,53	379,03
DQO (mg/L)	789,77	40,67
Sólidos Dissolvidos	257,88	112,64

Com base nos resultados obtidos, observou-se que houve uma diminuição nos valores das variáveis, caracterizando o efluente como adequado para o descarte. O pH apresentou-se na faixa da neutralidade, houve uma redução significativa de DQO (95%), Turbidez (92%) e também de Sólidos Dissolvidos (56%), e destaca-se o aumento da condutividade em 57%.

Potencial Hidrognônico (pH)

A caracterização do efluente bruto já se destacou como neutro, ao passar pelo processo de tratamento houve uma pequena redução. Prata et al. (2013) dizem que faixas de pH neutro possibilitam condições adequadas para o desenvolvimento microbiológico na degradação da matéria orgânica, além de que o tempo de retenção hidráulica influencia diretamente de modo que Vymazal e Brezinová (2016) relatam que o contato das plantas com o efluente é importante, visto que ela absorve metais pesados e nutrientes presente no meio. Outros pesquisadores já registraram pH acima de 9 para água cinza justificando que o uso de alguns produtos (sabão em pó, detergentes e amaciante) podem elevar o pH, todavia, o valor obtido da amostra analisada está na faixa indicada pela Resolução CONAMA nº 430/2011 para lançamento em curso d'água, entre 5 e 9.

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Em termos de DQO, os dados indicam que os resultados obtidos foram bastante satisfatórios em consequência da influência das plantas e do biofilme formado proporcionando a

filtração do efluente. A respeito da concentração de carga orgânica, ressalta-se que equivale a resíduos de gordura, sabão, resíduos corporais, dentre outros. Conquanto, o valor alcançado neste estudo apresenta eficiência de 95% de remoção, ao passo que Knupp (2013) obteve 74% também utilizando wetlands construídos de fluxo horizontal para o tratamento de águas cinzas.

A *Eichhornia crassipes* (baronesa) é bastante estudada por uma grande capacidade de crescimento vegetativo, já notado no Balneário Prainha de Paulo Afonso – BA, como mostra a Figura 3, é usada no protótipo por ser uma forma ecológica de tratamento de efluentes industriais e sanitários como um sistema biológico (COELHO, 2017).



Figura 3. Vista do Balneário Prainha de Paulo Afonso-BA infestado de *Eichhornia crassipes* (baronessas). Fonte: Autoria própria.

Na maior parte dos casos, esses sistemas funcionam de forma eficiente, considerando a praticabilidade da redução de DQO, também da redução de Turbidez e Cor Aparente. O aumento da Condutibilidade pode estar relacionado a quantidade de Sólidos Dissolvidos, justificando a presença de sais no meio. No entanto, os resultados colhidos são inferiores aos encontrados por Almeida et al. (2018) e Knupp (2013). Isso pode ser justificado pelo desempenho da baronesa atuando como protagonista na medida em que é capaz de absorver e fixar em seus tecidos grandes quantidades de metais pesados e nutrientes (COELHO, 2018). Portanto, destaca-se a importância de meios alternativos e sustentáveis para o tratamento de águas residuárias, visto o crescimento populacional e a crescente produção de efluentes.

CONCLUSÃO

O protótipo de *wetlands* mostrou boa eficiência em termos de dimensionamento constatado pelos resultados obtidos no efluente residual de águas cinzas tratado com o pH próximo ao padrão estabelecido, e uma diminuição significativa de turbidez (92%), DQO (95%) e sólidos dissolvidos (56%) no qual se enquadrou nos parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA nº 430/2011 e dessa forma podendo ser descartada ou reutilizada sem oferecer riscos a outros corpos d'água. Os resultados obtidos após a análise constataram a eficiência do protótipo de *wetland* construído com a utilização das baronessas como alternativa para redução de impactos causados pelo efluente de águas cinzas, além de trazer alternativa para as autoridades locais da Cidade de Paulo Afonso-BA para solucionar o impacto causado pela grande quantidade das espécies que vem ocupando os rios e lagos da região.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, K. C. **Comparação dos potenciais de conservação de água com a prática do reúso de águas cinzas e com a coleta segregada de urina humana em uma edificação**

residencial multifamiliar. 2011. 130 f. Dissertação (Mestrado em engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

ALMEIDA, J. V. C; SILVA, R. V; PEREIRA, G. S; SIERAKOWSKI, S. P. Tratamento de águas cinzas através de “wetland” construído de fluxo horizontal com uso de *Begonia cucullata* cv. Hookeri. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. esp., p. 360-372, 2018.

COELHO, J. C. **Macrófitas aquáticas flutuantes na remoção de elementos químicos de água residuária**. 2017. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2017.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430/2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

KNUPP, A. M. Desempenho de um sistema composto por um filtro anaeróbio e um wetland horizontal na produção de água para reúso predial a partir de água cinza clara. 2013. 157 f. **Dissertação (Mestrado em Poluição do Ar, Recursos Hídricos, Saneamento Ambiental)** - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

MONTEIRO V. R. C; SEZERINO P. H; PHILIPPI, L. S. **Caracterização e tratamento de água cinza residencial empregando a tecnologia dos Wetlands Construídos**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 12, n. 2 p. 0 93-109, jul./dez. 2015.

PRATA, R.C.C.; MATOS, A.T.; CECOM, P.R.; LO MONACO, P.; PIMENTA, L.A. Tratamento de esgoto sanitário em sistemas alagados construídos cultivados com lírio-amarelo. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 6, p. 1144-1155, 2013.

VYMAZAL, J.; BREZINOVA, T. Accumulation of heavy metals in aboveground biomass of *Phragmites australis* in horizontal flow constructed wetlands for wastewater treatment: A review. **Chemical Engineering Journal**, v. 290, p.232-242, 2016.